

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表 2001-518707

(P 2001-518707 A)

(43) 公表日 平成13年10月16日 (2001. 10. 16)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

H 0 1 L 21/306

G 0 2 B 1/02

2H047

G 0 2 B 1/02

H 0 1 L 21/306

B 5F043

6/12

G 0 2 B 6/12

Z

N

審査請求 有 予備審査請求 有

(全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-514317(P2000-514317)  
 (86) (22) 出願日 平成10年8月21日 (1998. 8. 21)  
 (85) 翻訳文提出日 平成12年3月30日 (2000. 3. 30)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DE98/02450  
 (87) 国際公開番号 W099/17349  
 (87) 国際公開日 平成11年4月8日 (1999. 4. 8)  
 (31) 優先権主張番号 197 43 296. 4  
 (32) 優先日 平成9年9月30日 (1997. 9. 30)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)  
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), JP, KR, US

(71) 出願人 インフィネオン テクノロジース アクチ  
 エンゲゼルシャフト  
 ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ザンクト  
 マルティン シュトラッセ 53  
 (72) 発明者 ウルリケ グリュニング  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク ワッピン  
 ガーズ フォールズ タウン ヴュー ド  
 ライヴ 38  
 (72) 発明者 ヘルマン ヴェント  
 ドイツ連邦共和国 グラースブルン アム  
 ヴァイクセルガルテン 49  
 (74) 代理人 弁理士 矢野 敏雄 (外4名)

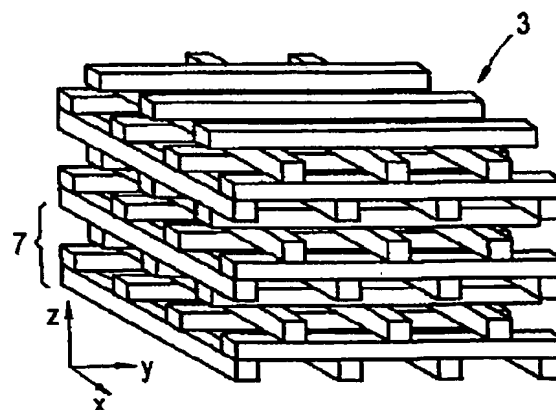
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オープンフォームの製造方法

## (57) 【要約】

本発明は、多数のそれぞれ二次元的に構造化される層 (1, 2) から統合化される、所定の材料のオープンフォーム (3) の製造方法に関する。それに対して第 1 の層 (1) が所定の材料から形成され、第 1 の層 (1) のフォーム部 (3) に属する部分 (3) が第 1 の層 (1) の少なくとも 1 つの領域 (3, 4) のドーピングによってマーキングされる。さらに所定の材料からなるさらなる層 (2) が形成され、フォーム (3) に属する部分 (3) がマーキングされる。最終的に前記層 (1, 2) のマーキングされていない各部分 (4) がエッチングにより、各層 (1, 2) のそれぞれのドーピングに依存して除去される。このオープンフォーム (3) は特にフォトニック結晶である。

FIG 1



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** それぞれ二次元的に構造化された多数の層（1，2）から統合化されかつドーピングに依存してエッチング可能な材料からなるオープンフォーム（3）の製造のための方法において、

－前記材料からなる第1の層（1）を設け、該第1の層（1）の当該フォーム（3）に属する部分（3）を前記第1の層の少なくとも1つの領域（3，4）のドーピングによってマーキングするステップと、

－前記材料からなるさらなる層（2）を少なくとも一度被着させ、該さらなる層（2）の当該フォーム（3）に属する部分（3）を前記さらなる層（2）の少なくとも1つの領域（3，4）のドーピングによってマーキングするステップと、

－前記層（1，2）のマーキングされなかった各部分（4）をエッチングにより各層（1；2）のそれぞれのドーピングに依存して除去するステップとを有していることを特徴とする方法。

**【請求項2】** 前記被着は成長によって行われる、請求項1記載の方法。

**【請求項3】** 前記第1の層（1）は、単結晶として設けられ、前記さらなる各層（2）はエピタキシャル成長される、請求項2記載の方法。

**【請求項4】** 前記材料は半導体である、請求項1から3いずれか1項記載の方法。

**【請求項5】** 前記材料は、シリコンである、請求項4記載の方法。

**【請求項6】** 前記各ドーピングにより前記材料中でp形伝導性を形成する、請求項5記載の方法。

**【請求項7】** 前記各ドーピングをホウ素の注入によって行う、請求項6記載の方法。

**【請求項8】** 前記各ドーピングによって、 $10^{15}/\text{cm}^3$ よりも上の、有利には $10^{20}/\text{cm}^3$ よりも上のドーピング原子濃度を材料中に形成する、請求項6または7記載の方法。

**【請求項9】** 前記エッチングを、アルカリ性エッチング溶液によって行う、請求項6から8いずれか1項記載の方法。

**【請求項10】** 前記各部分（3）のマーキングを当該部分（3）のドーピ

ングによって行う請求項 9 記載の方法。

【請求項 11】 前記オープンフォーム (3) を、最大でも 4 回の周期的な繰返しによる構造部 (7) によって製造する、請求項 1 から 10 いずれか 1 項記載の方法。

【請求項 12】 前記各ドーピングの前に前記各領域 (3, 4) 以外の相応する層 (1) を覆うマスク (5) を被着させ、これのドーピングの直後に再び除去する、請求項 1 から 11 いずれか 1 項記載の方法。

【請求項 13】 前記製造すべきフォーム (3) はフォトリソグラフィ結晶である、請求項 1 から 12 いずれか 1 項記載の方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

本発明は、ドーピングに依存してエッチング処理可能な材料からなる、それぞれ二次元的に構造化された複数の層から統合化されるオープンフォームの製造方法に関する。

**【0002】**

本発明は特に“フォトリック結晶”として適しているオープンフォームの製造に関している。

**【0003】**

オープンフォームとは、現状の関係では非凸形の幾何学形状を意味する。このオープンフォームは、特に従来の位相幾何学の意味では単純でない関係の幾何学形状を有する。すなわちホール、二次元的束縛チャネル、多数のホール状部などを備え得る。

**【0004】**

そのようなオープンフォームはとりわけフォトリック結晶として働き、つまり多かれ少なかれ周期的な結晶質構造を有しており、これはフォトンつまり光の透過に関して、従来の意味では伝導電子の透過を伴う結晶質半導体のように働く。フォトリック結晶はとりわけ半導体の“電子エネルギー禁制帯”と類似した“光のエネルギー禁制帯”を有しており、このことは、フォトリック結晶が光のエネルギー禁制帯の範囲のエネルギーを有する光に対して非透過性の性質を有していることを意味する。このことはフォトリック結晶がそのような光に対して、それが外部から入射している場合には実質的に完全なミラーのように作用することを意味する。このような特性から、フォトリック結晶が光導波路や光共振器に限れば重要であることが明らかである。というのも通常用いられている光導波路や光共振器の全反射配置構成を用いた制限手段とは異なって、フォトリック結晶の反射特性は、反射すべきフォトンのフォトリック結晶に入射する角度に依存しないからである。

**【0005】**

フォトリック結晶として形成されるオープンフォーム並びにその製造方法に関

しては公知文献 WO 97/04340 A1 に基づいている。このオープンフォームは材料としてシリコンからなり、電気化学的エッチングを用いて形成される。前記文献 WO 97/04340 A1 には適した材料として、ガリウムヒ素やアルミニウム-ガリウムヒ素が述べられており、それらの材料は所望のオープン構造を反応性イオンエッチング手法によって製造することができる。

#### 【0006】

フォトニック結晶の技術的分野に関する概要は、例えば公知文献 “Photonic B and Gaps and Localization C. by M. Soukoulis; Plenum Press, New York, N. Y., 1993.” 207頁の論文 “Photonic Band Structure by E. Yablonovitch” にも述べられている。またフォトニック結晶の1例は222頁の図15に記載されている。この図にはこのフォトニック結晶の製造に関する示唆も含まれている。

#### 【0007】

本願との関連で重要なことは、公知文献 “Novel Applications of Photonic B and Gap Materials: Low-loss Bends and High Q Cavity by R.D. Meade et al.; Journal of Applied Physics 75(1994) 4753” にも述べられており、この論文では、フォトニック結晶によって束縛されている空洞共振器と導波路が述べられている。

#### 【0008】

従来のフォトニック結晶では比較的複雑に構成されたオープンフォームを必要としていた。さらに、そのようなオープンフォームが電子的半導体素子に用いられるような材料から形成されることと、フォトニック結晶技法と半導体オプトエレクトロニクス技法による集積化が可能なが望まれている。

#### 【0009】

従って本発明の課題は、それぞれ二次元的に構造化された多数の層からの統合が可能で、かつドーピングに依存してエッチング処理が可能な材料からなる、オープンフォームの製造のための方法を実現することである。

#### 【0010】

前記課題は、請求項1の特徴部分に記載された本発明による方法によって解決される。また本発明の別の有利な実施例は従属請求項に記載されている。

## 【0011】

本発明による、それぞれ二次元的に構造化された多数の層による統合化が可能で、かつドーピングに依存してエッチング処理が可能な材料からなる、オープンフォームの製造のための方法には以下のステップが含まれている。

## 【0012】

—材料からなる第1の層を設け、該第1の層の当該フォームに属する部分を前記第1の層の少なくとも1つの領域のドーピングによってマーキングし、  
—材料からなるさらなる層を少なくとも一度被着させ、該さらなる層の当該フォームに属する部分を前記さらなる層の少なくとも1つの領域のドーピングによってマーキングし、  
—前記層のマーキングされなかった各部分をエッチングにより各層のそれぞれのドーピングに依存して除去する。

## 【0013】

製造すべきオープンフォームは、それぞれ二次元的に構造化された複数の層から統合化され得るように構造化されている。1つの層の構造化は、それが層の厚さ方向に沿って均質であるならば、二次元的なものとして存在する。つまりこの構造は、実質的に平坦な構造である。各層の相応のドーピングによって層のフォームに属する各部分はマーキングされ、それによってエッチング過程に対する準備がなされる。このエッチング過程で、ドーピングまで均質な複合層から、製造すべきオープンフォームが離される。このドーピングを用いることにより選択的に、材料のエッチングが容易にされるか（この場合オープンフォームは度ピン具されずに残った材料から形成される）、または困難に（この場合はオープンフォームがドーピングされた材料から形成される）される。基本的には、第1の層に対する少なくとも1つのさらなる層の被着に関しての制限はない。このさらなる層は、相転移によって既存の基板上に直接成長させて形成してもよいし、あるいはまず別個の固体を場合によっては所望のドーピングによって形成し、後からの“ウエハボンディング”によって既存の基板に接続させてもよい。ドーピングに依存した選択性のエッチングを許容する種々異なる方式のエッチング方法は、電子的半導体素子のテクノロジー分野において周知である。個々のケースにおいては

、選択された材料とドーピングに相応するエッチング方式が用いられなければならない。

#### 【0014】

さらなる層の被着は、有利には成長によって行われる。この場合さらに有利には、第1の層が単結晶として設けられ、各さらなる層はエピタキシャルに、つまり単結晶構造の連続に基づいて成長される。

#### 【0015】

オープンフォームの材料は有利には、半導体、例えばシリコンである。この場合は、ドーピングがシリコン内でp形伝導性の形成のもとに行われ、特に有利には、ホウ素の注入によって行われる。さらに付加的に有利には、各ドーピングの際に材料内でドーピング原子、例えばホウ素の濃度が $10^{15}/\text{cm}^3$ よりも上、有利には $10^{20}/\text{cm}^3$ よりも上におかれる。それによりエッチングはアルカリ性エッチング液によって行うことができる。これに関する実施例は以下の明細書でさらに説明する。その他にもこれに関連して有利には、オープンフォームの前述した各部分のマーキングがこの部分のドーピングによって行われる。なぜならp形伝導性にドーピングされるシリコンはアルカリ性エッチング溶液により除去される量が通常は、ドーピングされていないシリコン部分よりも著しく少ないからである。

#### 【0016】

本発明によれば有利には、オープンフォームが最大でも4回周期的に繰り返される構造で形成される。このことは特に、製造されるオープンフォームがフォトニック結晶である場合には意味がある。というのも製造に起因する寸法的偏差が構造体の頻繁な繰返しの増加に伴って顕著に現われ、これがフォトニック結晶の機能を巻き添えにしかねないからである。

#### 【0017】

さらに別の有利な実施例によれば、各ドーピングが電子的半導体構成素子のテクノロジーにおいて周知であるマーキング手法を用いて行われる。この場合各ドーピングの前に、ドーピングすべき各領域以外の相応の層を覆うマスクが被着され、その後で所望のドーピングが行われ、このドーピング直後に当該マスクが再び

除去される。

#### 【0018】

既に前述したように、製造すべきフォームは有利にはフォトニック結晶である。

#### 【0019】

次に本発明を図面に基づいて以下の明細書で詳細に説明する。これらの図面ではわかりやすくするために所定の特徴部分を強調的に示したものであって実際のサイズを表すものではない。この場合、

図1は、フォトニック結晶として適している、製造されたオープンフォームを示した図であり、

図2から5はこのオープンフォームの製造を示した図である。

#### 【0020】

##### 実施例

図1には、製造すべきフォトニック結晶を示すオープンフォーム3が斜視図で示されている。このオープンフォーム3は、複数のバーの平坦な配置構成の1つの層と、相応に明らかな方式でそれぞれ二次元的に構造化された層とみなされる。これらは図示の座標系の $z$ 軸方向に沿って重ねられ、また解体可能である。さらにこのオープンフォームは、周期的に繰り返される構造部7を有しており、これは直接上下に積み重ねられた4つの層からなっている。但し図示のオープンフォーム3の周期性は、所要の前提条件ではない。なぜなら周期性の個々の中断又は連続した中断によってオープンフォーム3内で導波路または光共振器の形式による導波構造が実現可能だからである。オープンフォーム3は、次のように選定される。すなわち赤外線スペクトル範囲としてのフォトンに対するフォトニック結晶としての所期の機能を充すように選定される。

#### 【0021】

次に前述したようにオープンフォーム3の中で周期的に繰り返されている固有構造部7の製造の例のもとで本発明による方法を図2～図5に基づいて以下に説明する。

#### 【0022】



図2によれば、開始点はシリコンからなる単結晶の非ドーピング基板6である。この基板6上にまずエピタキシャル成長によって第1の層1が形成される。この第1の層もまずドーピングされていないシリコンからなっている。この第1の層1の上に、従来の手法で構造化されるマスク5が被着される。さらにこのマスク5の支援のもとで第1の層1の、製造すべきオープンフォームに属する部分3が、p形伝導性の形成のためにホウ素によってドーピングされる。このドーピングは前述した有利な基準の維持のもとで行われる。第1の層1のマスク5によって覆われた領域4は、ドーピングなしで残される。最終的にマスク5は除去され、第1の層1には、最初はドーピングされていないシリコンからなるさらなる層2がもともと存在する単結晶構造の維持と継続のために再びエピタキシャル成長される。このさらなる層2には再び構造化されたマスク5が図3に示されているように被着される。このマスク5は、可視のドーピングすべき唯一の領域3は開放している。ドーピングされないまま残留する領域4は、さらなる層2の縁部においてのみ存在する。さらなる層2のドーピングの後で、マスク5は除去され、さらなる層2は新たに成長され、並びに新たな構造化されたマスク5が設けられる(図4参照)。層2のドーピングとマスク5の除去の後ではさらに別のさらなる層2が成長され、図5ではさらに新たなマスク5が設けられる。図1からも明らかのように、オープンフォーム3の相応の層は自由に見ることができ、図5による図ではマスク5が上方のさらなる層2を完全に覆っている。それによりこのさらなる層2は図示の位置では完全にドーピングされない。

### 【0023】

図5に示されているマスク5の除去の後では、所望のオープンフォーム3内で周期的に繰り返される構造部7が完全に製造される(もちろんこれはその他ではドーピングされないシリコンからなる単純結合されたモノリスにおいて複合的に関連してドーピングされるマトリクスとしてのみである)。図2～図5から見て取れるプロセスステップの繰返しによって、構造部7は新たに実現可能である。そしてこれは各々の所望の数で可能である。既に前述したように有利には、この繰返しの数は、過度に大きく選択する必要はない。5回以上の繰返しは、とりわけ製造偏差の影響が過度に大きい場合にオープンフォーム3の機能を損なわせる

。それに応じて図1では3回だけ重ね合わされて配置された構造部7が示されている。

#### 【0024】

所望の全てのさらなる層2が被着されて所望のようにドーピングされた場合には、最後のプロセスステップとして最初にえられたモノリスからのオープンフォーム3の取り出しが行われる。それに対してモノリスは、半導体エレクトロニクス技術分野からも周知のアルカリ性エッチング溶液によるエッチングによってエッチング処理される。この場合このエッチング溶液は、効果的な成分としてエチレンジアミンとピロカテコールを含んでいる。そのようなエッチング溶液は周知のように、ドーピングが $10^{15}/\text{cm}^3$ よりも上のドーピング原子濃度を有する限り、ホウ素によってドーピングされたシリコンのエッチングの顕著な変化例を示す。 $10^{20}/\text{cm}^3$ 以上のドーピング濃度でホウ素ドーピングされたシリコンと $10^{19}/\text{cm}^3$ 以下のドーピング濃度でホウ素ドーピングされたシリコンの間でのエッチングレートの違いは、1000の係数に達する。それにより前述した方法は、ドーピングされたシリコンに対する著しい攻撃なしでモノリスから、非ドーピングシリコンを取り除くことができる。それにより全てのドーピングされていないシリコンを、ドーピングされているマトリックスから除去することが可能となり、エッチングの完全な終了後は、所望のオープンフォーム3をドーピングされたシリコンから形成するドーピングされたマトリックスのみが残る。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

フォトニック結晶として適している、製造されたオープンフォームを示した図である。

##### 【図2】

オープンフォームの製造を示した図である。

##### 【図3】

オープンフォームの製造を示した図である。

##### 【図4】

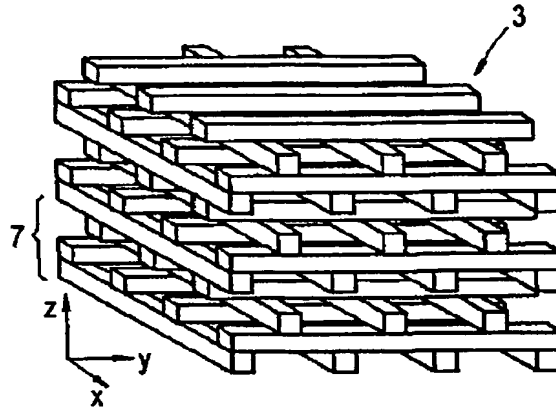
オープンフォームの製造を示した図である。

【図5】

オープンフォームの製造を示した図である。

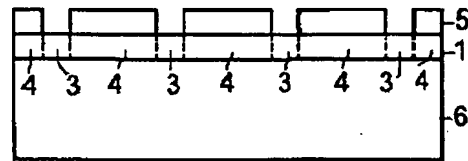
【図1】

FIG 1



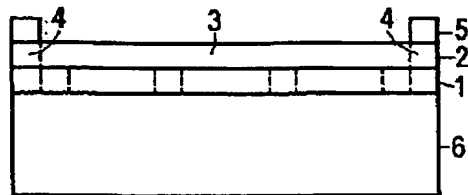
【図2】

FIG 2



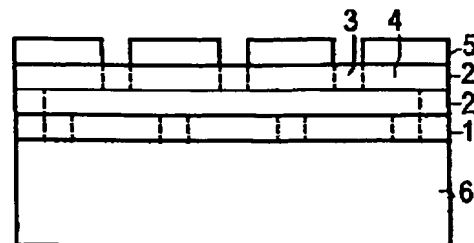
【図3】

FIG 3

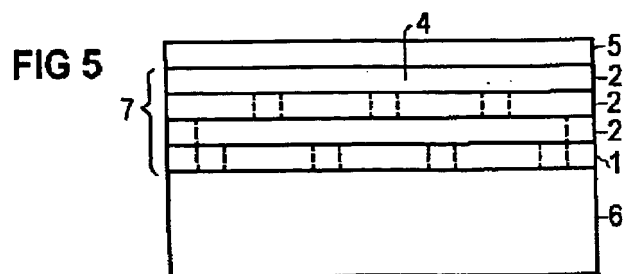


【図4】

FIG 4



【図 5】



【手続補正書】特許協力条約第34条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成12年3月30日(2000. 3. 30)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれ二次元的パターンによって構造化された多数の層(1, 2)から統合化されかつドーピングに依存してエッチング可能なシリコンからなるオープンフォーム(3)の製造のための方法において、  
ー前記シリコンからなる第1の層(1)を設け、該第1の層(1)の当該フォーム(3)に属する部分(3)を前記第1の層の少なくとも1つの領域(3, 4)のドーピングによってマーキングするステップと、  
ー前記シリコンからなるさらなる層(2)を少なくとも一度被着させ、該さらなる層(2)の当該フォーム(3)に属する部分(3)を前記さらなる層(2)の少なくとも1つの領域(3, 4)のドーピングによってマーキングし、その際各ドーピングによってシリコン中に $10^{15}/\text{cm}^3$ よりも上のドーピング原子濃度を有するp形伝導性を形成するステップと、  
ー前記層(1, 2)のマーキングされなかった各部分(4)を、エチレンジアミンとピロカテコールを含んだアルカリ性エッチング溶液によるエッチングにより各層(1; 2)のそれぞれのドーピングに依存して除去するステップとを有していることを特徴とする方法。

【請求項2】 前記被着は成長によって行われる、請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記第1の層(1)は、単結晶として設けられ、前記さらなる各層(2)はエピタキシャル成長される、請求項2記載の方法。

【請求項4】 前記各ドーピングをホウ素の注入によって行う、請求項1から3いずれか1項記載の方法。

【請求項5】 前記オープンフォーム(3)を、最大でも4回の周期的な繰

返しによる構造部（7）によって製造する、請求項1から4いずれか1項記載の方法。

【請求項6】 前記各ドーピングの前に前記各領域（3，4）以外の相応する層（1）を覆うマスク（5）を被着させ、これをドーピングの直後に再び除去する、請求項1から5いずれか1項記載の方法。

【請求項7】 前記製造すべきフォーム（3）はフォトニック結晶である、請求項1から6いずれか1項記載の方法。

【請求項8】 前記各ドーピングによって、シリコン中に $10^{20}/\text{cm}^3$ よりも上のドーピング原子濃度を有するp形伝導性を形成する、請求項1から7いずれか1項記載の方法。

International Application No  
PCT/DE 98/02450

2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/DE 98/02450

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 195 26 734 A (SIEMENS AG) 23 January 1997 cited in the application see abstract; figures 1-4 see column 1, line 64 - column 2, line 15 see column 3, line 19 - line 67	1-13



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/DE 98/02450

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5600483 A	04-02-1997	US 5440421 A WO 9530917 A	08-08-1995 16-11-1995
US 5431777 A	11-07-1995	JP 2114372 C JP 6188236 A JP 8031452 B US 5565060 A	06-12-1996 08-07-1994 27-03-1996 15-10-1996
DE 19526734 A	23-01-1997	WO 9704340 A EP 0840900 A	06-02-1997 13-05-1998

---

フロントページの続き

- (72)発明者 フォルカー レーマン  
ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ガイヤー  
シュペルガーシュトラッセ 53
- (72)発明者 ラインハルト シュテングル  
ドイツ連邦共和国 シュタットベルゲン  
ベルクシュトラッセ 3
- (72)発明者 ハンス ライジンガー  
ドイツ連邦共和国 グリューンヴァルト  
アイプゼーシュトラッセ 14
- Fターム(参考) 2H047 PA06 PA21 PA24 QA02  
5F043 AA02 BB02 DD17 FF10 GG10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**